ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE

ANNEE : 1982 THESE : 105

LA TONOGRAPHIE CHEZ LE CHIEN

THESE

pour le Doctorat Vétérinaire
(Diplôme d'Etat)
Présentée et soutenue publiquement en 1982
devant l'Université Paul Sabatier de Toulouse

par

François, Jean, René BERTRAND
Né le 17 Avril 1956 à SAINT SYMPHORIEN (Indre et Loire)

MEMBRES DU JURY

Président : Monsieur ARNE
Professeur à l'Université Paul Sabatier de Toulouse

Assesseurs : Monsieur LESCURE
Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Monsieur GUELFI
Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

UNIV.
LEIDEN
1876

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543908_0004

ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE

ANNEE : 1982 THESE : 105

LA TONOGRAPHIE CHEZ LE CHIEN

THESE

pour le Doctorat Vétérinaire
(Diplôme d'Etat)
Présentée et soutenue publiquement en 1982
devant l'Université Paul Sabatier de Toulouse

par

François, Jean, René BERTRAND
Né le 17 Avril 1956 à SAINT SYMPHORIEN (Indre et Loire)

MEMBRES DU JURY

Président : Monsieur ARNE
Professeur à l'Université Paul Sabatier de Toulouse

Assesseurs : Monsieur LESCURE
Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Monsieur GUELFI
Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE

Directeur : ..... M. LAUTIE
Directeur honoraire : ..... M. FLORIO
Professeurs honoraires : ..... MM. BRIZARD
..... SAURAT
..... GODFRAIN

PERSONNEL ENSEIGNANT

CHAIRE DE PHARMACIE ET TOXICOLOGIE

Professeur titulaire : ..... Mme BURGAT-SACAZE
Maître-Assistant : ..... M. PETIT

Pharmacie et Toxicologie

CHAIRE DE PHYSIQUE ET CHIMIE BIOLOGIQUES ET MÉDICALES

Professeur titulaire : ..... MM. RICO
Professeur sans chaire : ..... BRAUN
Maître-Assistant : ..... BENARD

Physique biologique et médicale
Chimie biologique et médicale
Informatique biologique et médicale

CHAIRE D'ANATOMIE DES ANIMAUX DOMESTIQUES

Professeur titulaire : ..... MM. PAVAUX
Maître-Assistant : ..... LIGNEREUX
Maître-Assistant : ..... SAUTET

Organogénèse - Tératologie
Anatomie Générale - Anatomie appliquée

CHAIRE DE PHYSIOLOGIE, PHARMACODYNAMIE ET THÉRAPEUTIQUE

Professeur titulaire : ..... MM. RUCKEBUSCH
Professeur sans chaire : ..... FARGEAS
Maître-Assistant Agrégé : ..... TOUTAIN

Physiologie - Pharmacodynamie - Thérapeutique

CHAIRE D'HISTOLOGIE - ANATOMIE PATHOLOGIQUE

Professeur titulaire : ..... MM. VAN HAVERBEKE
Professeur sans chaire : ..... CABANIE
Maître-Assistant : ..... MAGNOL

Histologie - Embryologie
Anatomie Pathologique - Clinique

CHAIRE D'HYGIÈNE ET INDUSTRIE DES ALIMENTS D'ORIGINE ANIMALE

Professeur titulaire : ..... MM. LABIE
Maître de Conférence : ..... EECKHOUTTE
Maître Assistant Agrégé : ..... Mme BENARD

Hygiène, Inspection, Contrôle et Technologie des denrées alimentaires
d'origine animale - Clinique

CHAIRE DE PARASITOLOGIE ET MALADIES PARASITAIRES

Professeur titulaire : ..... MM. DORCHIES
Maître de Conférences : ..... FRANC
Maître Assistant : ..... DUCOS DE LAHITTE

Zoologie appliquée - Écologie - Parasitologie externe -
Dermatologie Parasitologie interne - Clinique

CHAIRE DE SEMIOLOGIE ET PATHOLOGIE MÉDICALE DES ÉQUIDÉS ET CARNIVORES ET DE LEGISLATION

Professeur titulaire : ..... MM. LESCURE
Maître de Conférences : ..... GUELFI
Maître Assistant : ..... REGNIER

Sémiologie et Pathologie Médicale des Équidés et Carnivores
Législation Vétérinaire et Déontologie Clinique

CHAIRE DE PATHOLOGIE MÉDICALE DU BÉTAIL ET DES ANIMAUX DE BASSE-COUR

Professeur titulaire : ..... MM. TOURNUT
Maître de Conférences : ..... BEZILLE
Maître Assistant : ..... JOUGLAR

Sémiologie et Pathologie Médicale du Bétail
et des animaux de basse-cour
Clinique - Consultation itinérante

CHAIRE DE PATHOLOGIE CHIRURGICALE

Professeur titulaire : ..... MM. CAZIEUX
Maître de Conférences : ..... GENEVOIS
Maître Assistant : ..... AUTEFAGE
Maître Assistant : ..... FAYOLLE

Propédeutique et Sémiologie chirurgicale - Radiologie -
Technique chirurgicale - Anesthésiologie - Pathologie Chirurgicale -
Traumatologie - Podologie orthopédique - Clinique

CHAIRE DE PATHOLOGIE DE LA REPRODUCTION

Professeur titulaire : ..... MM. FERNEY
Professeur sans chaire : ..... ROYAL

Pathologie de l'appareil génital et de la mamelle -
Sémiologie et propédeutique - Pathologie de la Reproduction -
Obstétrique et pathologie du nouveau-né Clinique -
Consultation itinérante

CHAIRE DE MALADIES CONTAGIEUSES - ZOONOSES - LÉGISLATION SANITAIRE

Professeur titulaire : ..... MM. CHANTAL
Maître Assistant : ..... PICAVET

Épidémiologie - Maladies Contagieuses
Zoonoses - Législation sanitaire - Clinique

CHAIRE DE PATHOLOGIE GÉNÉRALE - MICROBIOLOGIE - IMMUNOLOGIE

Professeur titulaire : ..... MM. LAUTIE
Maître Assistant : ..... PELLERIN
Maître Assistant : ..... MILON

Microbiologie - Immunologie -
Pathologie Générale

CHAIRE D'ÉLEVAGE ET ÉCONOMIE

Professeur titulaire : ..... MM. QUEINNEC
Professeur sans chaire : ..... DARRE
Maître Assistant : ..... Mme QUEINNEC

Ethnologie - Génétique animale - Extérieur - Zootechnie et économie générales -
Ethologie appliquée, Sciences, Techniques, Economie de l'Élevage et des Productions animales -
Insémination artificielle - Organisation de l'Élevage

CHAIRE D'ALIMENTATION

Professeur titulaire : ..... MM. FALIU
Professeur sans chaire : ..... GRIESS
Maître Assistant : ..... ENJALBERT

Botanique appliquée et bromatologie
Agronomie - Alimentation

CHARGÉS D'ENSEIGNEMENT

MM. les Professeurs ANGELIER, ARMENGAUD, COMBES, COMBRET, CROS, FERNET et MAZENC.

La Faculté et l'Ecole déclarent n'être pas responsables des opinions émises par les candidats (délibération de a Faculté en date du 10 mai 1981 et du Conseil de l'Ecole en date du 13 juin 1924.)

A MES PARENTS,

Qu'ils trouvent ici la modeste récompense de leurs efforts et de leur aide.

A MA FAMILLE.

A TOUS MES AMIS.

A NOTRE PRESIDENT DE THESE

Monsieur le professeur ARNE

de la faculté de Médecine de Toulouse.

qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury de thèse.

Hommage respectueux.

A NOTRE JURY DE THESE:

Monsieur le Professeur LESCURE

de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

qui nous a permis de réaliser ce travail.

En témoignage de notre reconnaissance pour

l'enseignement qu'il nous a donné.

Monsieur le Professeur GUELFI

de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

auquel nous sommes reconnaissant d'avoir

accepté de faire partie de notre jury de thèse.

I N T R O D U C T I O N

Les exigences croissantes de la médecine vétérinaire entraînent l'utilisation de moyens d'exploration clinique de plus en plus poussés. C'est ainsi que beaucoup de techniques utilisées en médecine humaine ont été transposées avec succès chez l'animal.

La tonographie sera-t-elle un jour autant utilisée chez l'animal qu'elle l'a été chez l'homme ? Cette méthode d'étude de la circulation de l'humeur aqueuse est employée depuis 30 ans en médecine humaine, mais reste peu connue chez l'animal. Nous avons donc tenté d'appliquer cette technique chez le chien, en espérant qu'elle serait d'un apport profitable dans l'exploration de l'oeil glaucomateux.

L A T O N O G R A P H I E

DEFINITION

La tonographie a pour but d'étudier de manière dynamique le drainage de l'humeur aqueuse dans la région de l'angle irido-cornéen ou angle camérulaire. Dans cette fin, on augmente la pression intra-oculaire grâce à une force exercée sur la cornée pendant un temps assez long - 2 ou 4 minutes - durant lequel l'humeur aqueuse s'écoule par les voies de drainage habituelles, de manière à rétablir une pression plus normale. C'est la résistance à cet écoulement que permet de mesurer la tonographie.

H I S T O R I Q U E

Dès 1934, Boeck, Stough et Kronfeld font figure de précurseurs, puisqu'ils remarquent qu'en appliquant le tonomètre de Schiötz avec un poids de 15 grammes sur la cornée pendant un temps de deux minutes, le tonus oculaire chute de manière appréciable.

Il faudra attendre 1950 pour disposer du tonomètre électronique; celui-ci, en permettant l'enregistrement des tracés, va vraiment permettre le développement de la tonographie.

C'est ainsi qu'en 1951, la technique est fixée par Morton Grant, dans le but de permettre une analyse quantitative des modifications de la pression intra-oculaire pendant une application continue du tonomètre : la tonographie est née.

J.S. Friedenwald va établir en 1955 les tables qui portent son nom et qui donnent la valeur du coefficient de facilité d'écoulement en fonction de la pression initiale et de la différence de pression observée pendant l'examen.

La tonographie chez le chien n'a pas été très développée. Elle reste pratiquement inconnue en France, et seuls des travaux américains publiés par Margrane en 1974 et Gelatt en 1976 témoignent de l'intérêt que des chercheurs ont porté à cette méthode.

I - CIRCULATION DE L'HUMEUR AQUEUSE

I - ANATOMIE

Les régions anatomiques intéressées sont celles qui dirigent la production et le drainage de l'humeur aqueuse : on reconnait respectivement le corps ciliaire et l'angle camérulaire.

a) LE CORPS CILIAIRE

- CONFORMATION.

Le corps ciliaire est intercalé entre la racine de l'iris et le limbe cornéen en avant, la choroïde et le limbe en arrière, et il est recouvert par la sclère. Il entoure ainsi l'équateur du cristallin.

Sur le côté extérieur et en arrière, se trouvent les muscles ciliaires, tandis que le côté interne porte les muscles ciliaires.

La face interne du corps ciliaire présente deux couronnes concentriques noires :

- La couronne ciliaire, en continuité avec la face postérieure de l'iris, comporte une sucession régulière de plis radiaires qui constituent les procès ciliaires, séparés par des sortes

de vallées au fond desquelles on remarque d'autres plis plus petits, les plis ciliaires. Les procès ciliaires sont moins pigmentés que le reste du corps ciliaire.
- Le cercle ciliaire est disposé autour de la couronne ciliaire; on distingue d'étroites striations radiaires se développant de l'ora serrata jusque dans les "vallées ciliaires".

- STRUCTURE

La structure du muscle ciliaire ne sera pas abordée ici, puisque celui-ci n'intervient pas dans la mesure de la pression intra-oculaire.

L'examen du corps ciliaire au microscope révèle les mêmes constituants que la choroïde, mais ils ont subi d'importantes modifications.

En dehors du muscle ciliaire, on distingue :

- La couche vasculaire, prolongement de la lame vasculaire de la choroïde, particulièrement développée au niveau des procès ciliaires, en un dense réseau de capillaires soutenus par du tissu conjonctif lâche. En regard du cercle ciliaire au contraire, la couche vasculaire se réduit considérablement.

- Le complexe basal qui comprend une couche élastique, une couche fibreuse assez épaisse, et une lame basale dont la forte résistance permet de ne pas céder à la traction de la zonule de Zinn.

- L'épithélium pigmentaire, dérivé de la rétine.

- L'épithélium non pigmentaire, prolongement antérieur de la rétine sensorielle, composé de cellules à caractère

secrétoire : on y remarque en effet de nombreuses mitochondries, un réticulum endoplasmique, et un appareil de Golgi. Ces cellules ont également un rôle dans l'entretien du vitré, comme en témoigne la présence de mucopolysaccharides acides dans les cytoplasmes et les espaces intercellulaires.

- VASCULARISATION ET INNERVATION

L'apport artériel se fait essentiellement à partir du grand cercle artériel de l'iris, lui-même alimenté depuis l'artère ophtalmique externe par l'artère ciliaire postérieure longue, les artères ciliaires antérieures et l'artère choroïdienne récurrente.

Le drainage veineux est principalement effectué par les veines vorticineuses en suivant la couche vasculaire. Une faible partie est récupérée par les veines ciliaires antérieures.

L'innervation est assurée par un plexus formé des nerfs ciliaires.

b) L'ANGLE IRIDO-CORNEEN

Ce terme désigne toutes les structures associées à la base de l'iris, à la partie antérieure du corps ciliaire et à la région du limbe cornéen.

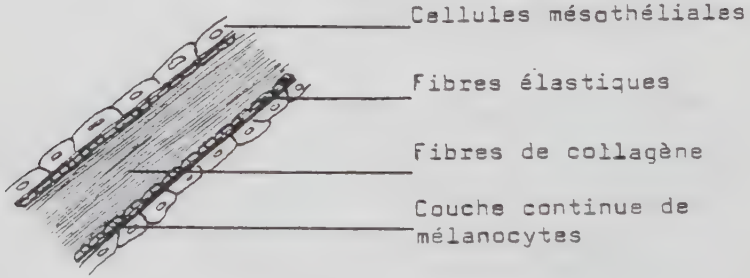
L'angle irido-cornéen ou angle camérulaire reconnait pour côtés :

- en avant, la région du limbe cornéen,
- en arrière, la racine de l'iris et la partie antérieure du corps ciliaire.

L'angle est en partie comblé par des fibres qui rayonnent en éventail de la cornée vers la sclère, en laissant entre elles des espaces qui constituent l'espace de l'angle irido-cornéen (espace de Fontana).

Les fibres sont réparties en plusieurs niveaux :
- Le ligament pectiné constitue la couche la plus superficielle : il comprend deux rangées de fibres;
- Le réseau trabéculaire, situé derrière le ligament pectiné, comprend deux portions : la portion uvéale, feuillet percé de nombreux trous larges, et la portion cornéo-sclérale, mince lame appliquée contre le limbe, perforée de multiples trous microscopiques. La portion cornéo-sclérale réalise probablement la principale résistance à l'évacuation de l'humeur aqueuse.

Histologiquement, les fibres du ligament pectiné et de la portion uvéale du réseau présentent la même structure, tandis que la portion cornéo-sclérale est formée par des expansions des tendons du muscle ciliaire.



Structure du ligament pectiné du chien

- VASCULARISATION.

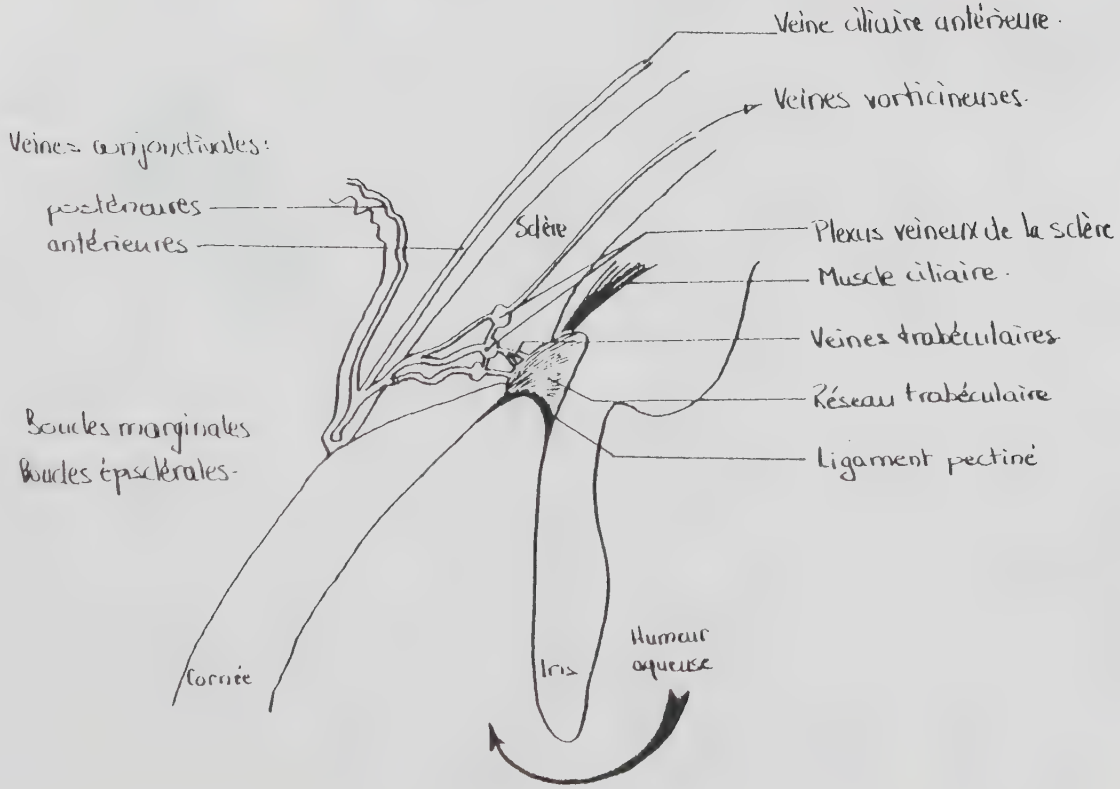
Dans l'épaisseur de la sclère est logé le plexus veineux de la sclére, juste derrière le limbe cornéen. Il s'agit d'un ensemble de 2 à 4 vaisseaux, recevant deux types d'affluents :

- Superficiellement, les boucles veineuses épisclérales ramènent le sang depuis le limbe et la conjonctive bulbaire;

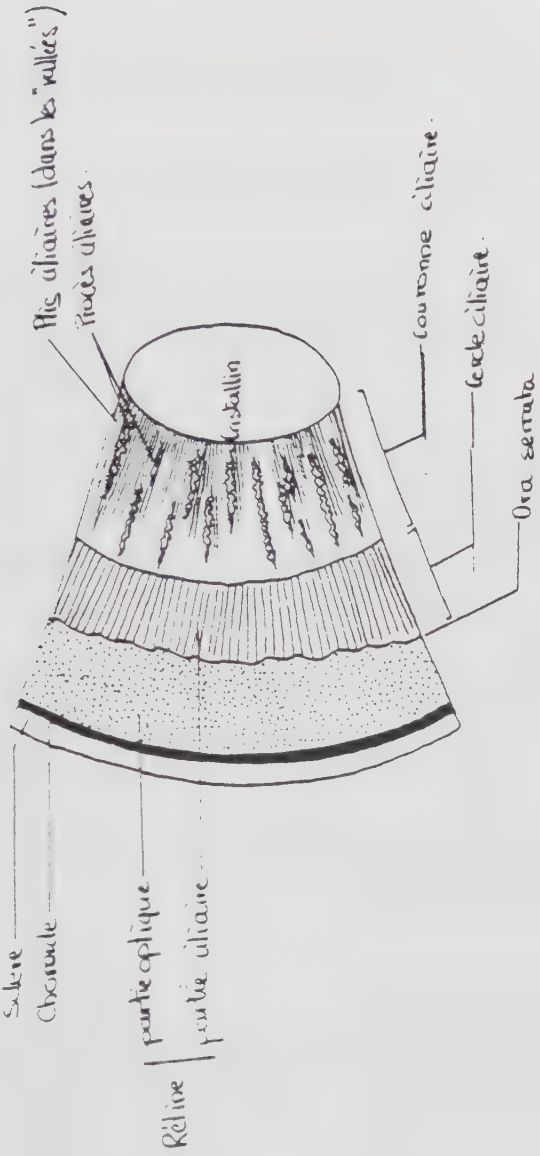
- Profondément, les veines trabéculaires collectent l'humeur aqueuse à travers la portion cornéo-sclérale du réseau trabéculaire.

Le sang collecté par le plexus est acheminé vers la circulation générale par l'intermédiaire des veines verticineuses.

A la différence de ce que l'on trouve chez les Primates, il n'existe pas de canal de Schlemm chez le chien.



Circulation de l'humeur aqueuse chez le Chien.



CORPS CILIAIRE DE L'HOMME - Vue postérieure.

II - LE MAINTIEN DE LA PRESSION OCULAIRE

a) SECRETION DE L'HUMEUR AQUEUSE

La production de l'humeur aqueuse est assurée au niveau du corps ciliaire par les cellules de l'épithélium non pigmentaire, ou - selon les auteurs - par les capillaires sanguins et les cellules du tissu conjonctif.

La secrétion fait intervenir deux mécanismes :

- L'ultrafiltration passive, soit par différence de pression hydrostatique (la pression artérielle est supérieure à la pression intra-oculaire), soit par différence de pression osmotique (l'humeur aqueuse est hypertonique par rapport au plasma).

- Un phénomène actif, puisque certaines substances dissoutes comme le sodium sont à un taux supérieur au taux plasmatique. Il existe un système de pompe à sodium qui est sous la dépendance de l'ahydrase carbonique : cette enzyme commande la pénétration des ions hydrogène qui sont échangés avec des ions sodium.

Divers facteurs peuvent influer sur cette secrétion :

- Il existe normalement un cycle nycthéméral de la production de l'humeur aqueuse, donnant de faibles variations : leur amplitude est de 3 à 4 millimètres de mercure. C'est ainsi que la secrétion diminue pendant les périodes de sommeil; par contre, le drainage n'est pas affecté. D'autre part, la production d'humeur aqueuse et la facilité

d'écoulement diminuent avec l'âge.

- On peut induire une diminution de la secrétion par action de certains produits :

= Les inhibiteurs de l'anhydrase carbonique comme l'acétazolamine (DIAMOX N.D.), en agissant sur la pompe à sodium, font chuter la production de l'humeur aqueuse de manière importante (jusqu'à 50 %)/

= Le mannitol, en augmentant la pression osmotique sanguine, freine l'ultra-filtration passive.

= L'adrénaline, en diminuant le débit artériel ciliaire (effet alpha), agit de même sur l'ultra-filtration passive.

= Paradoxalement, les bêta-bloquants comme le maléate de timolol (TIMOPTOL N.D.), diminuent la secrétion de l'humeur aqueuse par un mécanisme qui reste pour le moment inconnu.

= Enfin, de façon moins importante, les glucosides cardio-toniques et certains anesthésiques comme l'halothane font baisser la production de l'humeur aqueuse.

- Les variations de la pression vasculaire vont faire varier la secrétion d'humeur aqueuse : la ligature des carotides la fait diminuer.

- Enfin, la secrétion de l'humeur aqueuse est fonction de la pression oculaire : on a en effet remarqué que lorsque la tension oculaire augmente, l'oeil diminue le débit d'humeur

aqueuse. Or ceci intervient lors d'un examen tonographique, puisqu'on augmente artificiellement la pression. Ce phénomène, qui vient gêner une interprétation précise de la facilité d'écoulement, est connu sous le nom de pseudo-facilité; nous en reparlerons dans la discussion des résultats.

b) ECOULEMENT DE L'HUMEUR AQUEUSE

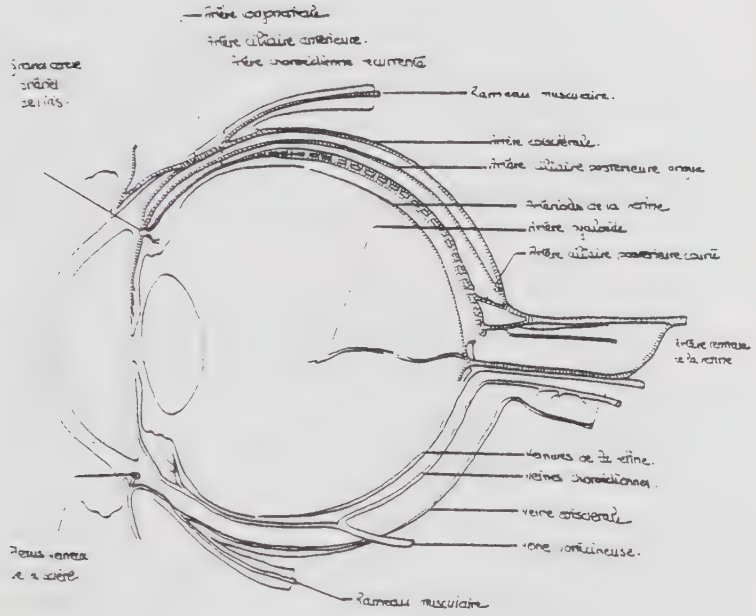
L'évacuation optimale de l'humeur aqueuse au travers de l'angle irido-cornéen est indispensable au maintien de la pression oculaire.

La circulation de l'humeur aqueuse dans la chambre antérieure de l'oeil se fait par des mouvements de convexion, réalisés grâce à la différence de température existant entre l'iris et la cornée refroidie par l'air.

Chez le chien, trois modes de drainage de l'humeur aqueuse ont été mis en évidence :

- La plus grande partie (90 à 95 %) passe par le réseau trabéculaire dont la partie cornéo-sclérale constitue la principale résistance à l'écoulement.

- L'humeur aqueuse peut également emprunter une voie uvéo-sclérale, en traversant les espaces séparant les fibres du muscle ciliaire pour gagner l'espace suprachoroïdien puis la sclère, où elle rejoint la circulation générale.



DISTRIBUTION DES VAISSEAUX DU GLOBE OCULAIRE

En haut : artères
En bas : veines

- Enfin, la surface de l'iris, poreuse, permet le contact entre l'humeur aqueuse et les capillaires iriens, ce qui constitue une autre voie d'évacuation.

Si le drainage, pour diverses raisons, n'est pas convenablement assuré, il s'ensuivra une augmentation de la pression intra-oculaire, se traduisant cliniquement par un glaucome. Nous allons brièvement résumer les causes pouvant provoquer cette affection de façon à bien comprendre quels moyens pourront être utilisés pour son dépistage.

III - PHYSIOPATHOLOGIE GENERALE DES GLAUCOMES

Les glaucomes par hypersecrétion sont rarissimes. Dans l'immense majorité des cas, il s'agit d'une gêne à l'écoulement dans la région de l'angle irido-cornéen, soit par une modification propre de l'angle, soit par action d'un autre élément anatomique de l'oeil, ou encore par divers dépôts gênant l'écoulement, ou bien enfin par une augmentation de la résistance à l'écoulement juste en aval de la région camérulaire.

a) MODIFICATION DE L'ANGLE

Il existe de nombreuses malformations congénitales pouvant affecter l'angle, et qui gênent ou empêchent tout

draimage à ce niveau (buphtalmie, aniridie, microcornée, syndrome de Marfan chez l'homme...).

Mais la fermeture de l'angle peut survenir sans cause génétique, en particulier en faisant suite à un blocage pupillaire; celui-ci peut apparaître quand le contact entre l'iris et le cristallin est important (si la chambre antérieure est étroite, par exemple); à ce moment, la pression dans la chambre postérieure augmente, ce qui fait s'adosser l'iris au trabéculum cornéo-scléral en entraînant la fermeture de l'angle : c'est le glaucome primitif à angle fermé.

Tous les mydriatiques sont susceptibles de provoquer un blocage pupillaire, d'où leur contre-indication dans le traitement des glaucomes en général.

Les dysplasies du ligament pectiné constituent également une cause importante de développement de l'hypertension.

b) ACTION D'UN AUTRE ELEMENT ANATOMIQUE

La luxation et la subluxation du cristallin sont des causes fréquentes de glaucome. Le cristallin vient alors comprimer la région camérulaire, ce qui détermine l'augmentation de la pression.

Rappelons que certaines luxations peuvent faire suite à des malformations congénitales (sphérophakie, hyperplasie du vitré, fibroplastie rétro-lentale).

Une sé-clusion pupillaire, conséquence d'une uvéite, peut être à l'origine d'un glaucome post-inflammatoire.

Enfin des tumeurs touchant différents éléments de l'oeil peuvent provoquer indirectement une hypertonie.

c) ACCUMULATION DE DEPOTS

Les dépôts inflammatoires (fibrine) consécutifs à des uvéites provoquent la formation de goniosynéchies génératrices de glaucome.

Les traumatismes accidentels, en produisant des hémorragies ou des synéchies, amènent au même résultat.

Notons que dans tous ces cas, la cause qui détermine le glaucome est elle-même visible, soit par l'examen ophtalmoscopique, soit par gonioscopie (lentille de Barkan, lentille de Goldmann). Il n'en va pas de même pour les cas suivants : l'obstacle à l'écoulement n'est plus visible.

d) AUGMENTATION DE LA RESISTANCE A L'ECOULEMENT EN AVAL DE L'ANGLE.

Chez l'homme, la diminution de la lumière du canal de Schlemm augmente la résistance à l'écoulement.

L'augmentation de la pression veineuse épisclérale donne le même résultat.

Le glaucome revêt une grande importance médicale, car l'augmentation de la pression oculaire conduit à une perte de vision rapide et irréversible. C'est pourquoi il est nécessaire de faire un diagnostic précoce de cette affection.

A côté de l'examen clinique, il existe deux techniques simples permettant d'évaluer l'équilibre entre secrétion et excrétion de l'humeur aqueuse : la première est une mesure statique, la tonométrie; l'autre consiste en une mesure sur deux minutes, de la facilité d'écoulement: c'est la tonographie.

Etudions maintenant ces deux méthodes, puisqu'une mesure simple de la pression oculaire (tonométrie) est indispensable avant de réaliser la tonographie proprement dite.

II - REALISATION DE LA TONOGRAPHIE

La tonographie détermine le coefficient C de facilité d'écoulement de l'humeur aqueuse; ce coefficient dépendant de la pression oculaire, on commence par réaliser une tonométrie.

I - LA TONOMETRIE

a) PRINCIPE.

La tonométrie se définit comme la mesure ponctuelle, instantanée de la pression intra-oculaire.

Cette pression, déterminée par l'humeur aqueuse, tend la cornée, et c'est donc à ce niveau que va s'effectuer la mesure.

b) APPAREILS.

Ce sont en somme des dynamomètres modifiés, plus ou moins sophistiqués, qui vont permettre d'évaluer les forces s'exerçant sur la cornée.

Il existe deux systèmes permettant la tonomètrie :

- L'indentation déprime la cornée, et de ce fait, tient comote de la rigidité cornéenne.

- Dans l'aplanation, la cornée est aplanie et dans ce cas, la rigidité cornéenne n'intervient plus, ce qui permet de supprimer cette variable. Pour cette raison, l'aplanation est préférable.

Nous avons eu la chance de pouvoir utiliser un matériel perfectionné, donc très fonctionnel, pour réaliser la tonométrie et la tonographie; il s'agit d'un pneumatonographe, possédant un affichage digital et permettant l'enregistrement en continu des pressions mesurées.

Cependant la tonométrie comme la tonographie peuvent également se pratiquer avec le tonomètre de Schiötz, moins coûteux mais moins performant, puisqu'il ne donne pas l'enregistrement du tracé tonographique, ce qui le rend moins précis.

L'organe récepteur du pneumatonographe est constitué d'un piston portant à son extrémité un petit disque en téflon qui, placé sur la cornée, réalise son aplanation. Le piston est à commande pneumatique, comme le laisse supposer le nom de l'appareil, quelque soit la position de l'animal (à la différence du tonomètre de Schiötz, pour lequel l'axe visuel doit être vertical).

Les forces de pression enregistrées par le piston sont transmises au boîtier de commande, qui réalise l'affichage digital de la pression, ainsi que l'enregistrement graphique sur un papier dont la vitesse de défilement est, en tonométrie, de 5 mm/s.

c) PREPARATION

Une simple anesthésie cornéenne à l'aide d'un collyre à l'oxyboprocaïne permet de pratiquer la tonométrie. Ayant ainsi obtenu l'annihilation du réflexe cornéen, on peut placer le disque du piston en contact avec la cornée.

La contention de l'animal est des plus simples, puisque l'appareil permet la mesure dans toutes les positions; ainsi, un aide tiendra simplement d'une main la peau du cou juste en arrière des oreilles, l'autre main empaumant le museau comme pour un simple examen ophtalmoscopique.

d) REALISATION.

La mesure est alors effectuée par mise en contact du disque et de la cornée; on doit essayer d'obtenir une valeur constante pendant deux secondes, en regardant l'affichage numérique ou le tracé, qui doit montrer un plateau, de manière à être sûr d'avoir une valeur correcte.

e) RESULTATS

La pression intra-oculaire normale chez le chien se situe entre 18 et 22 millimètres de mercure.

Toute baisse de pression en dessous de 15 mm doit faire penser à une uvéite, tandis que toute élévation au dessus de 25 mm orientera vers un glaucome.

II - LA TONOGRAPHIE

a) PRINCIPE.

La tonographie est une évaluation dynamique de la résistance à l'écoulement de l'humeur aqueuse. Pour la mesurer, on va exercer une force constante sur la cornée pendant un temps déterminé; la pression de l'humeur aqueuse augmente alors, et l'écoulement par l'angle irido-cornéen s'accélère. La fuite d'humeur aqueuse entraîne une diminution de la pression intra-oculaire, qui d'une valeur P_1 initiale tombe à une valeur P_2 au bout d'un temps de deux minutes.

Cette valeur P_2 est d'autant plus proche de P_1 que la résistance à l'écoulement est importante; ainsi c'est la différence $P_2 - P_1$ qui va permettre de connaître le coefficient C de facilité d'écoulement de l'humeur aqueuse.

b) APPAREILS.

C'est le pneumatonographe que nous avons utilisé; un dispositif permet d'adapter un poids de 10 grammes sur le piston, c'est lui qui va exercer la force nécessaire à la réalisation de la tonographie.

L'animal est positionné de manière à ce que son axe visuel soit vertical, et le piston est amené verticalement (pour que la force qui s'applique sur la cornée corresponde bien à la masse de 10 grammes) au contact de

la cornée durant 2 minutes, temps pendant lequel la pression est enregistrée en continu sur un papier millimétré, ce qui permet de vérifier que la baisse de pression est bien régulière, sans à-coups, condition nécessaire pour une bonne mésure; la vitesse de défilement du papier est ramenée pour la tonographie à 0,5 mm/s.

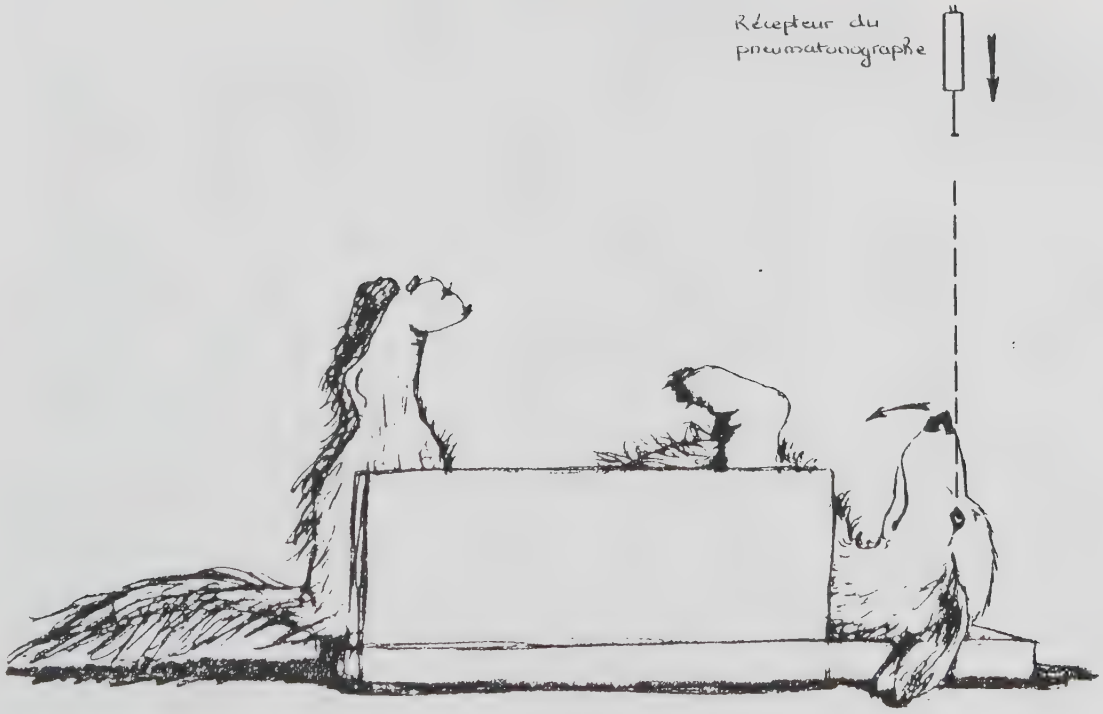
c) PREPARATION.

Nous avons dit que pour réaliser la tonographie, l'axe visuel de l'oeil étudié doit rester vertical pendant deux minutes. Cette condition implique l'anesthésie de l'animal, car celui-ci ne se montre jamais suffisamment coopératif pour rester si longtemps immobile. De plus l'anesthésie permet d'éliminer les mouvements des muscles extrinsèques de l'oeil qui pourraient modifier la tension oculaire (mise en tension des paupières par exemple).

L'anesthésie la plus appropriée est l'association kétamine-acépromazine, la première réalisant la sédation et la seconde complétant la myorelaxation. Deplus, la kétamine, contrairement à de nombreux anesthésiques, ne provoque ni bascule de l'oeil ni proscidence du corps clignotant, ce qui laisse la cornée bien exposée.

On procédera donc comme suit :

- Injection intramusculaire de ké tamine : 10 mg/Kg,
- Injection Intraveineuse d'acépromazine : 1 mg/Kg, dès l'apparition des effets anesthésiques de la kétamine.



RÉALISATION DE LA TONOGRAMME
Les flèches indiquent les actions des deux maxima

Le réflexe cornéen n'étant pas aboli par l'anesthésie, on instillera deux gouttes de collyre anesthésique (oxybuprocaine) sur l'oeil avant la mesure.

Il ne reste plus qu'à mettre le chien en position : la meilleure est le decubitus dorsal, encolure fléchie de manière à ramener l'axe visuel à la verticale. L'animal peut être placé dans une sorte de gouttière permettant de stabiliser sa position (cf/ schéma).

L'opérateur se place vers la tête de l'animal et commence la mesure.

d) REALISATION

Le piston est maintenu verticalement, en coïncidence avec l'axe visuel, pendant deux minutes. L'opérateur doit s'efforcer de ne pas imprimer de mouvements au piston, ce qui se traduirait par des variations de la courbe donnant un tracé moins interprétable.

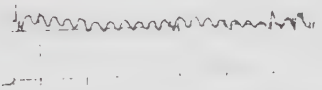
Une fois en possession du tracé, il ne nous reste plus qu'à l'interpréter, ce que nous allons détailler maintenant.

III - R E S U L T A T S

1) COURBES ENREGISTREES

Comme le débit de l'humeur aqueuse à travers l'angle irido-cornéen reste constant à tout instant de la tonographie, la diminution de pression au cours de l'examen est constante et le tracé doit être une droite, ce que l'on peut vérifier grâce à l'enregistrement en continu sur papier.

Voici un exemple de bon tracé :



La décroissance est bien régulière; les oscillations que l'on peut remarquer sont dûes à la respiration de l'animal.

L'enregistrement idéal d'une tonographie doit donc donner une droite dont la pente est en relation avec le coefficient de facilité d'écoulement.

Goldmann a donné l'équation reliant F, débit de l'humeur aqueuse autorisée par l'angle (exprimé en microlitres par minute), Po, la pression intra-oculaire, et Pv, la pression veineuse épisclérale :

$$F = C\,(Po - Pv),$$

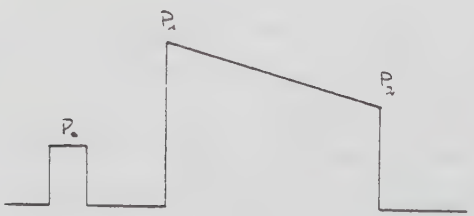
où C est le coefficient de facilité d'écoulement que l'on cherche à déterminer par tonographie.

Ceci revient à dire que le débit de l'humeur aqueuse est proportionnel au gradient de pression existant entre la chambre antérieure de l'oeil et la circulation veineuse épisclérale.

Or la tonographie ne permet pas de mesurer Po - Pv; aussi des travaux ont-il été menés pour dresser des tables de calibration visant à remplacer Po - Pv par la valeur de la chute de pression observée pendant l'examen; ce sont les tables de Friedenwald que nous utilisons.

2) CALCUL DE C

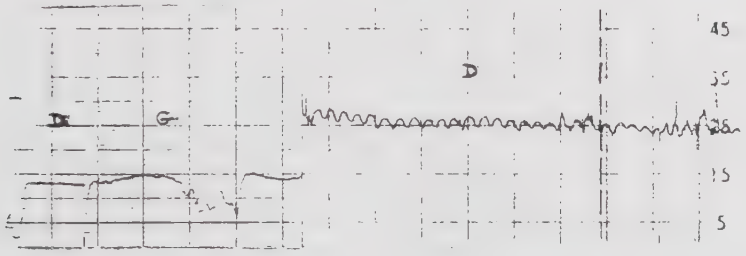
Le coefficient C de facilité d'écoulement est donc lié à la pente de la droite, mais également à la pression oculaire initiale préalablement mesurée par tonométrie.



Pour connaitre C, on a recours aux tables qui donnent le coefficient en fonction de la durée (ici 2 minutes), de la pression initiale Po et de la différence de pression $P_1 - P_2$ mesurées grâce au tracé.

Notons que ces valeurs ont été établies pour une rigidité sclérale donnée, correspondant à la moyenne humaine.

Reprenons l'exemple ci-dessus :



Pour l'oeil droit, le tonomètre indique une pression oculaire de 13 mm de mercure.

La différence de pression mesurée est :

$P_1 - P_2 = 5$ mm de mercure.

La lecture de la table donne très simplement

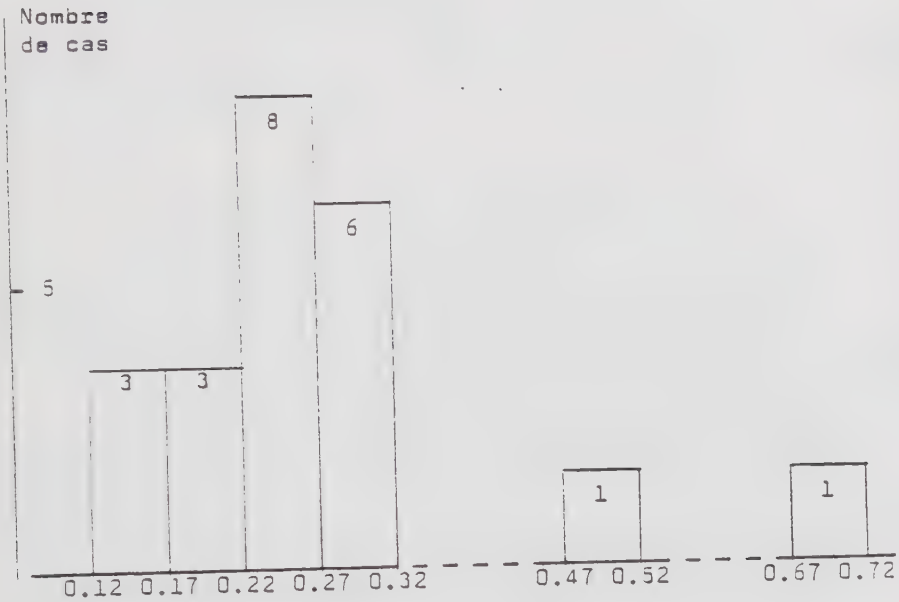
$C = 0{,}24\ \mu l.\ min.^{-1}\ .\ mm\ Hg^{-1}$

Voici l'ensemble des résultats que nous avons obtenus :

R E S U L T A T S

Pression initiale Po (mm Hg)	Différence de pression $P_2 - P_1$ (mm Hg)	Facilité d'écoulement C ($\mu l.mn^{-1}.mm\ Hg^{-1}$)
13	5	0.24
15	5	0.24
21	5	0.32
23	5	0.32
24	4	0.24
24	5	0.32
18	10	0.70
18	4	0.18
17	5	0.26
20	3	0.16
15	6	0.32
18	5	0.28
14	5	0.24
14	5	0.24
10	3	0.12
22	3	0;18
17	3	0.14
13	9	0.50
13	4	0.18
15	5	0.24
11	6	0.28
12	5	0.24

Cas résultats de répartissent de la façon suivente ;



L'analyse statisque donne :

- Valeur moyenne de C pour ces mesures :

$\bar{C}$= 0,270 µl. min $^{-1}$. mm Hg^{-1}

Cette valeur est voisine de celle trouvée par Gelatt (0,24).

- L'écart standard à la moyenne :

0,0267 µl.min^{-1}.mm Hg^{-1}.

- L'intervalle de confiance (seuil 5 %)

$0,214 < C < 0,326$ $\mu l.min^{-1}.mm\ Hg^{-1}$

Cet intervalle dénote une assez grande dispersion des valeurs, ce qui montre la difficulté pour fixer une norme.

3) DISCUSSION

La tonographie permet donc de quantifier la résistance à l'écoulement de l'humeur aqueuse dans la région de l'angle irido-cornéen. Malheureusement, cette méthode, séduisante dans son principe, présente des défauts.

La précision de la détermination de C est discutable :

- Tout d'abord, l'obtention d'un bon tracé à pente régulière n'est pas chose facile, et il faut beaucoup de doigté pour obtenir satisfaction.
- D'autre part les tables de Friedenwald donnent C pour une rigidité sclérale donnée, celle de l'homme; nous savons que ce n'est pas la même que celle du chien. Il faudrait donc apporter une correction à la valeur de C pour avoir une valeur plus exacte (Gelatt pense cependant que l'emploi des tables de calibration de Friedenwald est raisonnable chez le chien).

Il existe une grande dispersion des valeurs, aussi bien pour ce que nous avons observé, que chez l'homme; ainsi il n'est pas facile de fixer avec précision la limite entre le normal et le pathologique, ce qui diminue considérablement l'intérêt d'avoir une valeur chiffrée de C.

La tonographie mesure la "facilité totale d'écoulement", somme de la facilité vraie et de la pseudofacilité. Voyons comment on a pu reconnaître cette dernière.

L'équation de Goldmann peut s'écrire :

$$Po = F/C + Pv$$

Si on augmente la pression veineuse épisclérale, en plaçant un manchon sphygmomanométrique autour du cou, on remarque que pour chaque millimètre de mercure d'augmentation de Pv, on n'a pas 1 mm d'Hg d'augmentation de Po, mais seulement 0,75 mm. Donc F ou C ne sont pas constants. En pratiquant des tonographies à différentes pressions épisclérales, on vérifie que C est constant. Il existe donc une diminution du débit de l'humeur aqueuse secondaire à l'élévation de la pression oculaire : cette diminution est appelée pseudofacilité (Cps).

La tonographie mesure globalement C vraie + Cps.

Seule la mesure de la facilité vraie permettrait de mieux distinguer les cas glaucomateux, mais ceci nécessite la mesure de la pression veineuse épisclérale, ce qui complique considérablement la méthode.

C O N C L U S I O N

Les différents inconvénients évoqués à propos de l'exploitation des résultats de la tonographie en tant qu'instrument de diagnostic dans les glaucomes, explique que cette méthode soit reservée en médecine humaine au dépistage précoce des hypertensions.

Or, en pratique vétérinaire courante, les glaucomes sont exceptionnellement présentés au clinicien au début de leur évolution. Les propriétaires s'alarment peu devant des signes qui apparaissent banals : douleur oculaire, rougeur de la conjonctive. La mydriase, l'oedème central de la cornée ne sont bien souvent pas remarqués, et ce n'est bien fréquemment qu'au stade de l'hydrophtalmie que l'animal nous est présenté; la tonographie arrive ici un peu tard.

C'est pourquoi dans l'immense majorité des cas, un bon examen clinique associé à la gonioscopie permet une appréciation des résultats aussi bonne que ne le ferait la tonographie, qui reste assez lourde à mettre en place (anesthésie de l'animal) et assez imprécise, donc peu satisfaisante.

Il ne faut donc pas considérer la tonographie comme un instrument de diagnostic du glaucome chez le chien.

En revanche, cette technique peut être utilisée avec profit pour contrôler l'efficacité d'une opération visant à rétablir l'écoulement dans la région de l'angle camérulaire (trabéculectomie, iridectomie); deux mesures pratiquées avant et après intervention chirurgicale doivent montrer une augmentation du coefficient de facilité d'écoulement.

Enfin, on peut dire que la tonographie est une bonne méthode d'exploration physiologique de l'hydrodynamique oculaire, et c'est d'ailleurs dans cet esprit que l'avait conçue son inventeur, Morton Grant.

Le Professeur de l'Ecole Vétérinaire
rapporteur

Professeur F. LESCURE

VU : Le Directeur de l'Ecole Vétérinaire

Professeur R. LAUTIE

VU : Le Président de la Thèse

Professeur ARNE

VU et PERMIS D'IMPRIMER
Toulouse, le 22 - 11 - 1982
Le Président de l'Université Paul Sabatier

Professeur D. BANCEL

TABLE DE FRIEDENWALD

COEFFICIENT D'ECOULEMENT C

(exprimé en $\mu l.min^{-1}.mm\ Hg^{-1}$)

Pneumatonographie effectuée pendant 2 minutes avec le poids de 10 grammes.

Po est la valeur de la pression initiale déterminée par tonométrie.

Po \ Δp	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
10.0		0.08	0.12	0.16	0.20	0.24	0.32	0.36	0.44	0.52	0.52
11.0		0.08	0.12	0.16	0.20	0.28	0.32	0.40	0.48	0.56	0.56
12.0		0.08	0.12	0.18	0.24	0.30	0.34	0.42	0.50	0.60	0.70
13.0		0.10	0.14	0.18	0.24	0.30	0.34	0.42	0.50	0.62	0.70
14.0		0.10	0.14	0.20	0.24	0.30	0.36	0.42	0.50	0.62	0.70
15.0		0.10	0.14	0.20	0.24	0.32	0.38	0.44	0.54	0.64	0.76
16.0		0.10	0.14	0.20	0.26	0.32	0.40	0.46	0.56	0.64	0.76
17.0		0.10	0.14	0.20	0.26	0.34	0.40	0.48	0.56	0.66	0.78
18.0		0.10	0.16	0.22	0.28	0.36	0.42	0.52	0.60	0.72	
19.0		0.12	0.16	0.22	0.30	0.36	0.44	0.52	0.62	0.72	
20.0	0.06	0.12	0.16	0.24	0.30	0.36	0.44	0.52	0.64	0.72	
21.0	0.06	0.12	0.16	0.24	0.32	0.38	0.46	0.56	0.66	0.76	
22.0	0.06	0.12	0.18	0.24	0.32	0.38	0.48	0.56	0.66		
23.0	0.06	0.12	0.18	0.24	0.32	0.40	0.50	0.58	0.70		
24.0	0.06	0.12	0.18	0.24	0.32	0.40	0.50	0.60			
25.0	0.06	0.12	0.18	0.24	0.34	0.42	0.54	0.62			
26.0	0.06	0.12	0.18	0.26	0.34	0.42	0.56				
27.0	0.06	0.12	0.18	0.26	0.36	0.44	0.56				
28.0	0.06	0.12	0.20	0.26	0.36	0.46					
29.0	0.06	0.12	0.20	0.26	0.36	0.46					
30.0	0.08	0.12	0.20	0.28	0.36						
31.0	0.08	0.12	0.20	0.28	0.36						
32.0	0.08	0.12	0.20	0.28	0.36						
33.0	0.08	0.14	0.20	0.28	0.38						
34.0	0.08	0.14	0.20	0.30	0.40						
35.0	0.08	0.14	0.22	0.30	0.40						
36.0	0.08	0.16	0.24	0.32							
37.0	0.08	0.16	0.24	0.34							
38.0	0.08	0.16	0.26								
39.0	0.08	0.18	0.26								
40.0	0.08	0.18									

B I B L I O G R A P H I E

COTTIN Elisabeth
Le glaucome du chien
Thèse Med. Vet. Alfort, 1980

DEMAILLY & DERMY
Glaucomes congénitaux
In. Encycl. Médico-chirurgicale, Ophtalmologie
21280 CIO, 2- 1981

DEMAILLY
Glaucome primitif par fermeture de l'angle
In Encycl. Médico-chirurgicale, Ophtalmologie
21280 AIO, 12- 1978

DEMAILLY
Glaucome primitif à angle ouvert
In Encycl. Médico-chirurgicale, Ophtalmologie
21275 AIO et A20, 7- 1979.

GELATT, GWIN, PFEIFFER & GUM
Tonography in the normal and glaucomatous bea gle
In Am. J. Vet. Res., Vol 38, nº 4 (515-520) 1977

HELPER, MARGRANE, VAN ALSTINE, DE VRIES
Preliminary studies on tonography in the dog.
Am. Coll. Vet. Ophtalmology, 34-35, 1974

LIGNEREUX & SAUTET
Anatomie de l'oeil.
C.E.S. Ophtalmologie, Toulouse 1981.

OURGAUD & ETIENNE
L'exploration fonctionnelle de l'oeil glaucomateux
Rapport à la Société Française d'Ophtalmologie

PFEIFFER & GELATT
Determination of aqueous humour outflow in the dog, comparing in vivo and in vitro tonographic and constant pressure perfusion techniques.
In Am. J. Vet. Res., Vol 37, nº 12 (1473-1477)

PFEIFFER
Determination of intraocular pressure in small animal pratice
AVSO Ophtalmo, 1980

SARAUX H., BIAIS B.
Glaucomes secondaires.
In Encycl. Médico-chirurgicale Ophtalmo,
21280 BIO 1967

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION..... p. 1
LA TONOGRAPHIE. DEFINITION..... ..... p. 2
HISTORIQUE..... p. 3
I - LA CIRCULATION DE L'HUMEUR AQUEUSE..... p. 4
1) Anatomie
Le Corps Ciliaire..... p. 4
L'angle irido-cornéen..... p. 6
2) Maintien de la pression oculaire..... p. 11
Secrétion de l'humeur aqueuse..... p. 11
Ecoulement de l'humeur aqueuse..... p. 13
II - REALISATION DE LA TONOGRAPHIE..... p. 19
1) La tonométrie..... p. 19
2) La tonographie..... p. 22
III - RESULTATS..... p. 26
1) Courbes..... p. 26
2) Calcul de C..... p. 27
3) Discussion..... p. 31
CONCLUSION..... p. 33
TABLE DE FRIEDENWALD..... p. 35
BIBLIOGRAPHIE..... p. 36